

Analisis Laju Korosi dan *Lifetime* Pipa ASTM A105 dengan Perbandingan Inhibitor NaNO_2 dan Na_2CrO_4

Titries Adistantria Mariami^{1*}, Bambang Antoko², Subagio Soim³

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*,2}

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: titriesadistantria@gmail.com^{1*}

Abstract - Corrosion are the most common problem that happens in the industry causing material quality reduction. If corrosion was not prevented from the beginning, there will be a serious loss because of leaking that affects on the decreasing of material lifetime. One of the corrosion problem in an oil and margarine processing factory in Gresik is Internal Corrosion. Caused by a lump of crust inside the ASTM A105 pipe with 1 inch diameter with 2 years of lifetime. This research used immersion test method to determine the corrosion rate and lifetime of ASTM A105 pipe with weight loss calculation and compared NaNO_2 and Na_2CrO_4 inhibitors. The testing used NaCl concentrat variation of 1000 ppm, 1100 ppm, 1200 ppm. Inhibitor concentrat variation are 0 ppm, 150 ppm, 250 ppm, and 350 ppm. Test results shows that the lowest corrosion rate used 350ppm NaNO_2 inhibitor with 1200 ppm NaCl concentrat with the value of 0,021817 mm/y. Meanwhile Na_2CrO_4 inhibitor have the lowest corrosion value of 0.023999 mm/y. For the highest inhibitor efficiency value are 350 ppm NaNO_2 inhibitor on 1200 ppm NaCl concentrat with the value of 0.537%. And the remaining life calculation for NaNO_2 inhibitor are 150.73 years and 137.37 years for Na_2CrO_4 inhibitor. So the best corrosion protection method for ASTM A105 material are using NaNO_2 inhibitor because it have the lowest corrosion rate value and much longer service life.

Keyword: ASTM A105, inhibitor, Immersion Test, Corrosion Rate, lifetime

Nomenclature

CR	Corrosion Rate(mm/y)
K	Constant Factor
D	Density of Specimen (gr/cm ³)
W	Weight Loss(gr)
A	Area of Specimen
T	Exposure time (hour)
Einh	Efisiensi Inhibitor Korosi (%)
CR ₀	Kecepatan laju korosi tanpa Inhibitor (mm/y)
CR ₁	Kecepatan laju korosi dengan inhibitor (mm/y)
Tr	Remaining Life (year)
Tacc	Thickness Actual (mm)
Tm	Thickness minimum (mm)

1. PENDAHULUAN

Korosi adalah kerusakan atau penurunan kualitas material yang umumnya terjadi pada logam salah satu permasalahan yang sering muncul dalam dunia industri. Penurunan kekuatan material dan biaya perbaikan yang tidak sedikit adalah kerugian yang yang timbul akibat korosi. Korosi tidak dapat dicegah maupun dihentikan namun melainkan hanya dapat diminimalisir atau diperlambat laju korosinya. Salah satu permasalahan korosi yang muncul pada pabrik produksi minyak dan margarin di daerah Gresik. Permasalahan muncul karena adanya perluasan pipa sejauh 6 meter pada area produksi

yang mengharuskan pipa tersebut dipotong. Korosi yang terjadi di dalam pipa dialiri fluida air payau yang menyebabkan adanya gumpalan pada pipa ASTM A105 berukuran 1 inch.



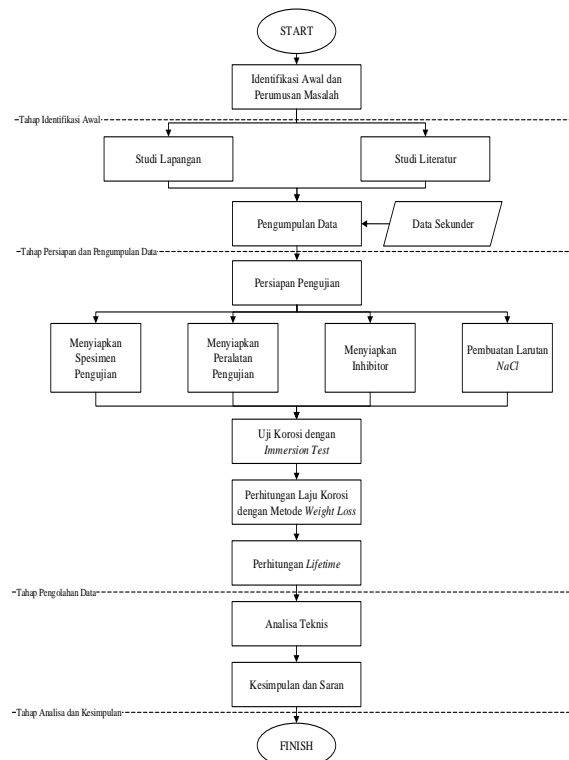
Gambar 1. Internal Corrosion

Untuk meminimalisir terjadinya korosi yang lebih parah, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan pengujian menggunakan metode *Immersion Test*. Hasil dari pengujian digunakan untuk menganalisa perhitungan laju korosi, efisiensi Inhibitor, dan *Lifetime*. Kemudian hasil tersebut dianalisa sehingga ditemukan jenis inhibitor yang paling cocok untuk pipa tersebut.

2. METODOLOGI.

2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini berupa pengujian dengan menggunakan metode *weight loss* yang mengacu pada ASTM G31-72 (*Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*) dengan membandingkan Inhibitor NaNO_2 dan Na_2CrO_4 [4]. Hasil dari pengujian digunakan untuk menghitung *Corrosion Rate*, Efisiensi Inhibitor dan *Lifetime*. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel konsentrasi NaCl sebesar 1000 ppm, 1100 ppm, dan 1200 ppm. Variasi konsentrasi Inhibitornya sebesar 0 ppm, 150 ppm, 250 ppm, dan 350 ppm. Metode penelitian ini ditunjukkan diagram alir pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

2.2. Laju Korosi (*Corrosion Rate*)

Metode kehilangan berat adalah metode perhitungan laju korosi dengan mengukur pengurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah pengurangan berat akibat terjadinya korosi. Standart yang digunakan untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat korosi yaitu mengacu pada (ASTM G1-03 (2004). *Standards Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimen*, American Society for Testing Material, U.S.A) [3] maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$Cr = \frac{(K.W)}{(D.A.T)} \quad (1)$$

Dimana :

Cr : *Corrosion Rate* (mm/y)
 K : Konstanta ($8,76 \times 10^4$)

D : *Density of specimen* (7,86 gr/cm³)
 W : *Weight loss* (gr)
 A : *Area of specimen* (cm²)
 T : *Exposure time* (hour)

2.3. Efisiensi Inhibitor

Setelah diketahui laju korosi dari material yang diuji selanjutnya menghitung persentase proteksi yang dilakukan inhibitor yang digunakan, menggunakan persamaan dari *Handbook of Corrosion Engineers Chapter 10 Corrosion Inhibitor* [5] adalah sebagai berikut:

$$E_{inh} = \frac{CR_0 - CR_1}{CR_0} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

E : Efisiensi Inhibitor Korosi (%)
 CR_0 : Kecepatan laju korosi tanpa inhibitor (mm/y)
 CR_1 : Kecepatan laju korosi dengan menggunakan inhibitor (mm/y)

2.4. Minimum Required Thickness

Metode analisa pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan melakukan perhitungan minimum wall thickness (T_m) yang mengacu pada ASME B31.3 [1] dengan persamaan sebagai berikut :

$$t_m = \frac{P(d+2c)}{2[(SEW - P(1-Y))]} \quad (3)$$

t_m : *Thickness Minimum Required* (mm)

P : *Design Pressure* (psig)

d : *Inside Diameter* (mm)

c : *Mechanical Allowance* (mm)

S : *Allowable stress value for material* (psi)

E : *Joint efficiency* (-)

Y : *Coefficient* (-)

W : *Weld Joint Strength* (-)

2.5. Remaining Life

Perhitungan *Remaining Life* menggunakan referensi dari API 570 [2] pada persamaan sebagai berikut :

$$t_r = \frac{t_{acc} - t_{req}}{Cr} \quad (4)$$

t_r : *Remaining life* (years)

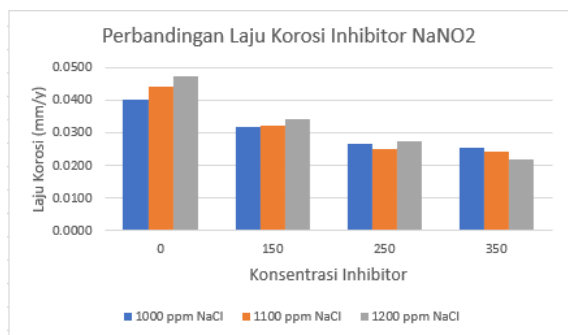
t_{acc} : *Thickness actual* (mm)

Cr : *Corrosion Rate* (mm/y)

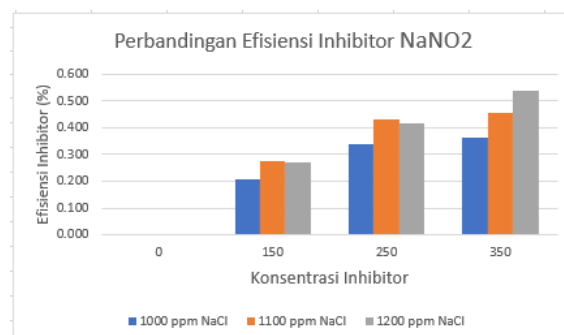
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Laju Korosi

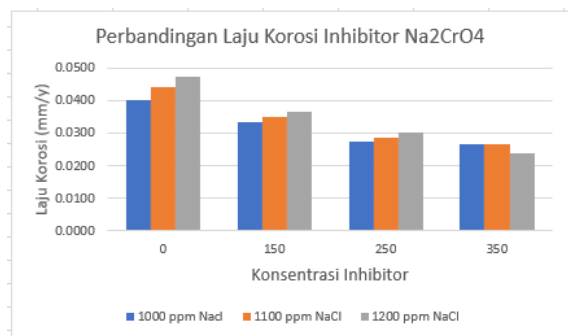
Setelah dilakukan uji celup selama 720 jam dengan memvariasikan inhibitor NaNO_2 dan Na_2CrO_4 dan larutan NaCl untuk pengujian laju korosinya. Variasi yang digunakan pada inhibitor yaitu 0 ppm, 150 ppm, 250 ppm dan 350 ppm. Serta variasi yang digunakan juga meliputi konsentrasi pada NaCl 1000 ppm, 1100 ppm dan 1200 ppm. Berikut merupakan grafik perbandingan laju korosi dari masing-masing inhibitor.



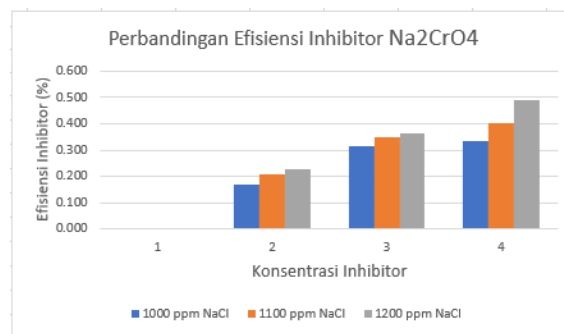
Gambar 3 Grafik perbandingan laju korosi NaNO₂



Gambar 5 Perbandingan efisisensi inhibitor NaNO₂



Gambar 4 Grafik perbandingan laju korosi Na₂CrO₄



Gambar 6 Perbandingan efisisensi inhibitor Na₂CrO₄

Dari kedua grafik diatas menunjukkan adanya pengaruh nilai konsentrasi inhibitor dan konsentrasi NaCl terhadap laju korosi. Pada inhibitor dengan nilai konsentrasi terendah (0 ppm) memiliki laju korosi paling tinggi dan sebaliknya pada inhibitor dengan konsentrasi paling tinggi (350 ppm) memiliki nilai laju korosi paling rendah. Selain konsentrasi inhibitor, NaCl dengan konsentrasi tertinggi pada setiap variabel inhibitor juga memiliki laju korosi paling tinggi kecuali pada inhibitor dengan konsentrasi 350 ppm memiliki hasil yang berbanding terbalik. Pada gambar 3 grafik perbandingan laju korosi NaNO₂ memiliki nilai laju korosi terbesar yaitu 0.047255 mm/y dan nilai laju korosi terendah yaitu 0.021817 mm/y. Sedangkan, pada gambar 4 grafik perbandingan laju korosi Na₂CrO₄ memiliki nilai laju korosi terbesar yaitu 0.047255 mm/y dan nilai laju korosi terendah yaitu 0.023999 mm/y. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi NaCl, maka semakin rendah nilai laju korosi yang dialami. Dengan demikian, inhibitor paling baik yang digunakan untuk perlindungan material ASTM A105 berdasarkan percobaan adalah dengan menggunakan inhibitor konsentrasi 350 ppm dengan konsentrasi NaCl 1200 ppm senilai 0.021817 mm/y.

3.2. Perhitungan Efisiensi Inhibitor

Perhitungan efisiensi inhibitor sesuai pada persamaan 2 didapatkan hasil dalam grafik yang menyatakan penambahan konsentrasi inhibitor dan penambahan konsentrasi NaCl.

Dari kedua grafik diatas menunjukkan adanya pengaruh nilai konsentrasi inhibitor dan konsentrasi NaCl terhadap efisiensi inhibitor. Pada inhibitor dengan nilai konsentrasi terendah (0 ppm) memiliki nilai efisiensi paling rendah dan sebaliknya pada inhibitor dengan konsentrasi paling tinggi (350 ppm) memiliki nilai konsentrasi paling tinggi. Selain konsentrasi inhibitor, NaCl dengan konsentrasi tertinggi pada setiap variabel inhibitor juga memiliki nilai efisiensi paling tinggi kecuali pada inhibitor dengan konsentrasi 0 ppm memiliki hasil yang berbanding terbalik. Pada gambar 5 grafik perbandingan nilai efisiensi inhibitor NaNO₂ memiliki nilai efisiensi inhibitor terbesar yaitu 0,537 % dan nilai efisiensi inhibitor terendah yaitu 0%. Sedangkan, pada gambar 6 grafik perbandingan nilai efisiensi inhibitor Na₂CrO₄ memiliki nilai efisiensi inhibitor terbesar yaitu 0,492 % dan nilai efisiensi inhibitor terendah yaitu 0%. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi NaCl, maka semakin tinggi nilai efisiensi inhibitor yang dialami. Dengan demikian, inhibitor paling baik yang digunakan untuk perlindungan material ASTM A105 berdasarkan percobaan adalah dengan menggunakan inhibitor konsentrasi 350 ppm dengan konsentrasi NaCl 1200 ppm memiliki nilai efisiensi sebesar 0,537%.

3.3. Perhitungan Minimum Required Thickness

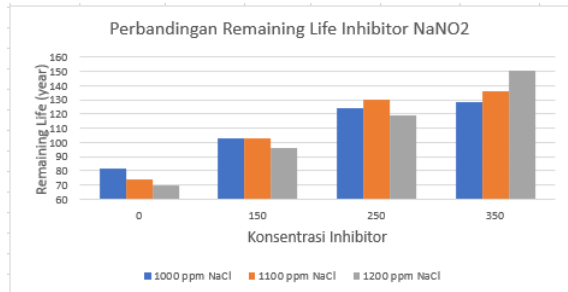
Perhitungan ini digunakan untuk mendukung perhitungan *Remaining Life*. Perhitungan minimum wallthickness menurut persamaan 3 adalah sebagai berikut :

$$t_m = \frac{P(d+2c)}{2[(SEW-P(1-Y))]}$$

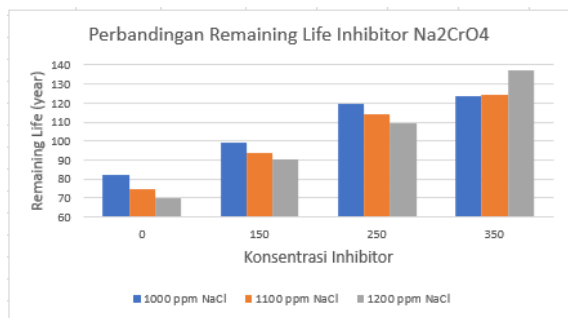
$$= \frac{132.3(26.64 + (2 \times 0.5))}{2[(22000 \times 1 \times 1) - 132.3(1 - 0.4)]}$$

$$= 0.08341 \text{ mm}$$

3.4. Perhitungan Remaining Life



Gambar 7 Perbandingan *remaining life* NaNO₂



Gambar 8 Perbandingan *remaining life* Na₂CrO₄

Dari kedua grafik diatas menunjukkan adanya pengaruh nilai konsentrasi inhibitor dan konsentrasi NaCl terhadap perhitungan *remaining life*. Pada inhibitor dengan nilai konsentrasi terendah (0 ppm) memiliki nilai *remaining life* paling rendah dan sebaliknya pada inhibitor dengan konsentrasi paling tinggi (350 ppm) memiliki nilai *remaining life* paling tinggi. Selain konsentrasi inhibitor, NaCl dengan konsentrasi tertinggi pada setiap variabel inhibitor juga memiliki nilai *remaining life* paling tinggi kecuali pada inhibitor dengan konsentrasi 0 ppm memiliki hasil yang berbanding terbalik. Pada gambar 7 grafik perbandingan nilai *remaining life* NaNO₂ memiliki nilai *remaining life* terbesar yaitu 150.73 tahun dan nilai *remaining life* terendah yaitu 69.76 tahun. Sedangkan, pada gambar 8 grafik perbandingan nilai *remaining life* Na₂CrO₄ memiliki nilai *remaining life* terbesar yaitu 137.37 tahun dan nilai *remaining life* terendah yaitu 69.76 tahun. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi NaCl, maka semakin tinggi nilai *remaining life* yang dialami. Dengan demikian, inhibitor paling baik yang digunakan untuk perlindungan material ASTM A105 berdasarkan percobaan adalah dengan menggunakan inhibitor konsentrasi 350 ppm dengan konsentrasi NaCl 1200 ppm dengan nilai *remaining life* sebesar 150.73 tahun.

4. KESIMPULAN

- Dari pengujian laju korosi dengan menggunakan metode *weight loss* dengan hasil rata-rata dari masing masing variabel inhibitor menunjukkan hasil laju korosi terendah menggunakan inhibitor NaNO₂ 350 ppm, dengan konsentrasi NaCl 1200 ppm, yaitu sebesar 0.021817 mm/y sedangkan pada inhibitor Na₂CrO₄ memiliki laju korosi terendah sebesar 0.023999 mm/y. Hal tersebut menunjukkan penggunaan inhibitor NaNO₂ memiliki hasil laju korosi jauh lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan inhibitor Na₂CrO₄.
- Berdasarkan perhitungan *remaining life* yang didapat dari perhitungan laju korosi dengan membandingkan 2 inhibitor yakni NaNO₂ dan Na₂CrO₄ didapatkan *remaining life* tertinggi adalah inhibitor NaNO₂ sebesar 150.73 tahun sedangkan pada inhibitor Na₂CrO₄ sebesar 137.37 tahun. Hal tersebut menunjukkan perlindungan korosi untuk pipa ASTM A105 dipilih dengan menggunakan inhibitor NaNO₂ karena memiliki *remaining life* yang lebih lama dibandingkan dengan inhibitor Na₂CrO₄.
- Penggunaan inhibitor yang paling efektif untuk material ASTM A105 adalah menggunakan inhibitor NaNO₂ dengan nilai efisiensi sebesar 0.537%. Semakin besar konsentrasi inhibitor, maka semakin kecil laju korosinya. Demikian pula dengan semakin lama usia pakai, maka semakin tinggi nilai efisiensi suatu material.

5. SARAN

Saran yang diberikan penulis kepada peneliti yang akan melakukan penelitian selanjutnya antara lain:

- Penelitian selanjutnya dapat menggunakan inhibitor yang berbeda dan menambahkan variabel lain sebagai parameter pengujian.
- Penelitian selanjutnya dapat menambah metode pengujian lainnya untuk mendapatkan kualitas penggunaan inhibitor yang lebih baik.
- Penelitian selanjutnya dapat menambahkan perhitungan ekonomis.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Kedua orang tua, kakak-kakak, dan ponakan yang telah memberikan banyak kasih sayang, nasehat hidup, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.
- Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc. FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

3. Bapak George Endri Kusuma, ST., M.Sc.Eng sebagai Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dan dosen pembimbing penulis.
4. Bapak Dimas Endro Witjonarko, ST., MT. sebagai Koordinator Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Bambang Antoko, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan tugas akhir dengan sabar.
6. Bapak Subagio So'im, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan tugas akhir dengan sabar.
7. Keluarga besar Teknik perpipaan yang telah memberikan bantuan serta arahan kepada penulis
8. Kepada seluruh member EXO yang telah membantu menyemangati penulis dengan lagu-lagunya.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASME B31.3. (2014). Process Piping. Chemical Engineer (Vol. ASME Code)
- [2] API 570, Piping Inspection Code : In-service Inspection , Rating , Repair , and Alteration of Piping Systems. (2010), Edition, T(November 2009).
<https://doi.org/10.1109/TSMCC.2011.2109710>
- [3] ASTM-G01–03. (2011). Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. Annual Book of ASTM Standards, 1–9. <https://doi.org/10.1520/G0001-03R11>
- [4] ASTM-G31–72. (2004). Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals. American Society for Testing and Materials, 72 (Reapproved), 1–8.
<https://doi.org/10.1520/G0031-72R04>
- [5] Roberge, P. R. (1999). Handbook of Corrosion Engineering. [https://doi.org/10.1016/S0026-0576\(00\)83445-5](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(00)83445-5)

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)